

CHANGES OF CHEMICAL COMPOSITION OF CAST IRON SPHEROIDIZED BY PLUNGING METHOD AND BY CORED WIRE METHOD.

ZMIANY SKŁADU CHEMICZNEGO ŻELIWA SFEROIDYZOWANEGO METODĄ DZWONOWĄ I METODĄ PRZEWODU ELASTYCZNEGO

M.S. SOIŃSKI¹, A. WACHOWSKI²

ABSTRACT: Changes in content of basic elements contained in cast iron have been determined on the basis of chemical composition analyses performed before magnesium treatment and after magnesium introducing and graphitising treatment. The examination have been done for alloys from 109 smelts of medium-frequency crucible induction furnace. The cast iron has been spheroidized by plunging method using the VL 53M master alloy (containing 9% of Mg) or by cored wire method where the master alloy has contained about 17% of Mg (65 g of magnesium for 1 meter of wire). The investigations have dealt with the EN-GJS- 400-18-LT grade cast iron according to PN-EN 1563 Standard: Casting. Nodular Cast Iron.

STRESZCZENIE: W oparciu o analizy składu chemicznego żeliwa przed zabiegiem obróbki magnezem, oraz po wprowadzeniu magnezu i modyfikacji grafityzującej, określono zmiany zawartości podstawowych pierwiastków występujących w żeliwie. Badaniami objęto stop pochodzący ze 109 wytopów, wykonanych w piecu indukcyjnym tyglowym średniej częstotliwości. Żeliwo sferoidyzowano metodą dzwonową przy użyciu zaprawy magnezowej VL53M (zawierającej 9% Mg) oraz metodą przewodu elastycznego przy użyciu zaprawy zawierającej ok. 17% Mg (65 g magnezu w jednym metrze przewodu). Badaniami objęto żeliwo EN-GJS-400-18-LT według normy PN-EN 1563: Odlewnictwo. Żeliwo sferoidalne.

KEY WORDS: nodular cast iron, chemical composition, spheroidizing, plunging method, cored wire method.

SŁOWA KLUCZOWE: żeliwo sferoidalne, skład chemiczny, sferoidyzacja, metoda dzwonowa, metoda przewodu elastycznego.

WSTĘP

Wytwarzanie żeliwa sferoidalnego składa się z trzech podstawowych etapów:

- wytopienia żeliwa wyjściowego; nie może ono zawierać pierwiastków przeciwdziałających krystalizacji grafitu kulkowego, powyżej określonych zawartości [1];
- wprowadzenia do żeliwa magnezu lub jego stopów (stosowane najczęściej), albo mieszanki cerowej (zwanej także miszmetalem); mieszanka ta zawiera głównie cer (50% ÷ 55%) oraz lantan, neodym i praeodyn;
- przeprowadzenia modyfikacji grafityzującej żeliwa (przy użyciu np. żelazokrzemu lub wapniokrzemu).

Najtrudniejszą operacją przy sferoidyzacji żeliwa jest wprowadzanie do ciekłego stopu magnezu lub jego stopów. Wynika to z dużych różnic w gęstościach żeliwa (ok. 7 g/cm³) i magnezu (ok. 1,7 g/cm³), co – w wielu przypadkach – prowadzi do wypływania zaprawy sferoidyzującej na powierzchnię kąpieli. Ważną rolę odgrywa tutaj także niska temperatura parowania tego pierwiastka

¹ Dr hab. inż. Marek Sławomir Soiński, prof. PCz - Katedra Odlewnictwa Politechniki Częstochowskiej

² Inż. Adam Wachowski – PIOMA Odlewnia Sp. z o.o. w Piotrkowie Trybunalskim

(1102°C). W trakcie zabiegu występuje efekt pirotechniczny, któremu towarzyszą „gotowanie się” kąpieli, rozpryski metalu, duże ilości dymów.

Znanych jest wiele metod wprowadzania do ciekłego żeliwa magnezu (lub zapraw zawierających ten pierwiastek) [2-4]. Zdaniem E. Guzika [4] w Polsce stosuje się w technologii żeliwa sferoidalnego następujące metody dodawania magnezu do żeliwa:

- wprowadzanie za pomocą dzwonów;
- zalewanie na dnie kadzi – metoda Sandwich z różnymi jej odmianami;
- sferoidyzowanie w formie (metoda INMOLD);
- wprowadzanie prętów z elektronu do kadzi uszczelnionych (metoda JPK).

Od połowy lat 90-tych ubiegłego wieku zaczęto w Polsce stosować do wprowadzania magnezu do żeliwa metodę przewodu elastycznego, zwaną metodą drutową (w skrócie PE; w języku angielskim Cored Wire Injection Method; w języku niemieckim Drahtinjektionstechnik). Istota metody polega na wprowadzaniu do ciekłego żeliwa zaprawy sferoidyzującej (zawierającej na ogół magnez i krzem oraz – w stosunkowo niewielkich ilościach – metale ziem rzadkich) w specjalnym „opakowaniu”. „Opakowaniem” tym jest cienkościenna rurka stalowa, która jest podawana do kadzi za pomocą specjalnego podajnika. Powinna być dostarczona z taką prędkością, aby jej rozpuszczanie następowało blisko dna kadzi i w tym obszarze następowało „uwolnienie” do żeliwa zaprawy z rurki stalowej.

BADANIA WŁASNE

Celem badań było określenie zmian zawartości węgla, krzemu, manganu oraz fosforu i siarki w żeliwie poddanym sferoidyzacji metodą dzwonową i metodą przewodu elastycznego. Schematy obu tych metod pokazano odpowiednio na **rysunkach 1 i 2**.

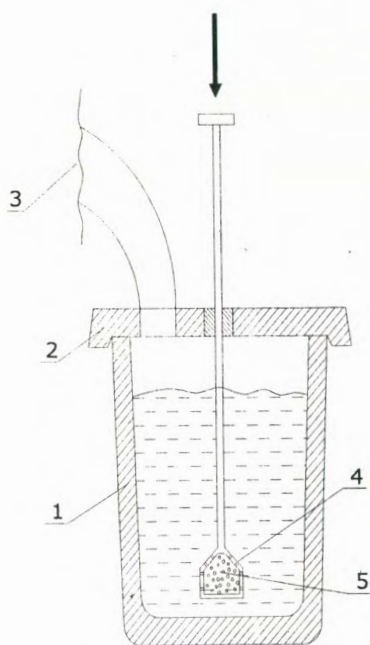
Badaniami objęto żeliwo sferoidalne w gatunku EN-GJS-400-18-LT (według normy PN-EN 1563: Odlewnictwo. Żeliwo sferoidalne). Żeliwo wytopiono w jednej z polskich odlewni. Łącznie analizie poddano składy chemiczne żeliwa (na różnych etapach jego wytwarzania) pochodzącego ze 109 wytopów. Metal wytapiano w piecu indukcyjnym tyglowym o pojemności 2,5 Mg, średniej częstotliwości. Piec miał wyłożenie kałne. W toku badań kontrolowano wielkości wsadów do pieca, ilości dodawanych żelazostopów, ilości substancji użytych do zabiegu sferoidyzacji i modyfikacji grafityzującej, a także temperatury przegrzania, spustu oraz zalewania żeliwa. Do wytapiania żeliwa „wyjściowego” używano surówki Sorelmetal, surówki specjalnej, złom żeliwa sferoidalnego, złom stalowy (pakiety prasowanej blachy) oraz nawęglacz firmy ELKEM.

Do sferoidyzacji żeliwa metodą dzwonową użyto zaprawy magnezowej FeSiMg o handlowej nazwie VL53M. Zawierała ona podstawowe pierwiastki w następujących ilościach: Si = 44%; Mg = 9%; Ca = 1,9%; Ce = 0,7%; Fe – reszta.

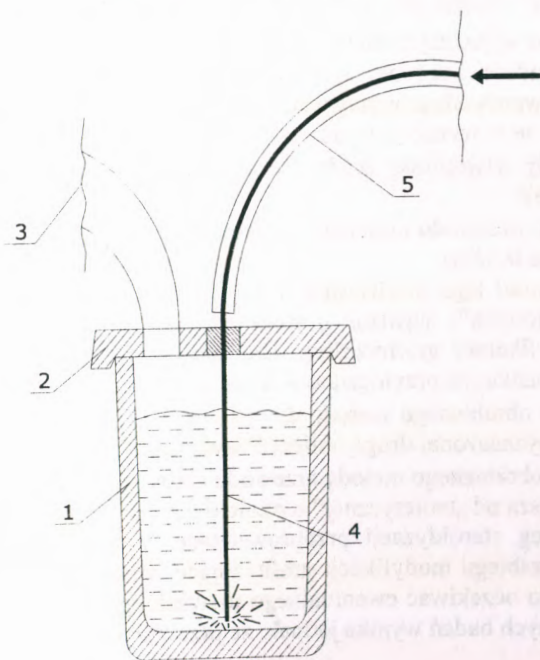
W przypadku metody przewodu elastycznego, zaprawa zawierała: Si = 27,89%; Mg = 17,10%; metalem ziem rzadkich w ilości 0,53%, reszta – żelazo. Ilość magnezu w jednym metrze przewodu wynosiła 65 g. Po zabiegu sferoidyzacji, w trakcie przelewania żeliwa z kadzi zabiegowej do kadzi rozlewowej przeprowadzano modyfikację grafityzującą (metodą „na strugę metalu”) za pomocą modyfikatorów grafityzujących Inogen 75 lub SMZ25 oraz Inocullin 390.

W **tablicach 1 i 2** zestawiono zawartości podstawowych pierwiastków występujących w żeliwie, zarówno „wyjściowym”, jak i po zabiegu sferoidyzacji i modyfikacji grafityzującej, odpowiednio dla tworzywa sferoidyzowanego metodą dzwonową i metodą przewodu elastycznego.

Z porównania składów chemicznych żeliwa przed i po sferoidyzacji, przytoczonych w tablicach 1 i 2, wynikają wyraźne różnice w zawartościach dwóch podstawowych pierwiastków występujących w stopie, to mianowicie węgla i krzemu.



Rys. 1 - Schemat wprowadzania magnezu do żeliwa metodą dzwonową;
1 – kadź z ciekłym żeliwem; 2 – pokrywa; 3 – odciąg gazów; 4 – dzwon; 5 – zaprawa magnezowa



Rys. 2 - Schemat wprowadzania magnezu do żeliwa metodą przewodu elastycznego;
1 – kadź z ciekłym żeliwem; 2 – pokrywa; 3 – odciąg gazów; 4 – przewód elastyczny (wnoszący do żeliwa zaprawę magnezową); 5 – końcówka podajnika rolkowego („przewodzącego” przewód elastyczny)

Tab. 1 – Zawartości podstawowych pierwiastków w żeliwie wyjściowym oraz po sferoidyzacji metodą dzwonową

Pierwiastek	Zawartość w żeliwie, %			
	Żeliwo „wyjściowe”		Żeliwo po zabiegu sferoidyzacji i modyfikacji grafityzującej	
	Przedział od - do	Średnia	Przedział od - do	Średnia
Węgiel	3,54 – 4,12	3,848	3,22 – 3,84	3,577
Krzem	0,96 – 1,55	1,142	2,00 – 2,67	2,279
Mangan	0,07 – 0,15	0,096	0,09 – 0,16	0,115
Fosfor	0,03 – 0,04	0,035	0,03 – 0,041	0,035
Siarka	0,010 – 0,023	0,0169	0,008 – 0,016	0,0102

Tab. 2 – Zawartości podstawowych pierwiastków w żeliwie wyjściowym oraz po sferoidyzacji metodą przewodu elastycznego (PE)

Pierwiastek	Zawartość w żeliwie, %			
	Żeliwo „wyjściowe”		Żeliwo po zabiegu sferoidyzacji i modyfikacji grafityzującej	
	Przedział od - do	Średnia	Przedział od - do	Średnia
Węgiel	3,48 – 4,08	3,779	3,36 – 3,98	3,660
Krzem	1,05 – 1,69	1,433	1,81 – 2,47	2,096
Mangan	0,07 – 0,18	0,116	0,08 – 0,19	0,126
Fosfor	0,025 – 0,052	0,035	0,026 – 0,048	0,035
Siarka	0,012 – 0,034	0,0207	0,006 – 0,016	0,0097

Węgiel. Można mówić o wyraźnej tendencji do zmniejszania się zawartości tego pierwiastka w żeliwie w wyniku przeprowadzonej obróbki. Z obliczeń różnic zawartości węgla w żeliwie z każdego wytopu przed i po zabiegu wprowadzania magnezu i modyfikacji (bliższych danych nie przytoczono w tekście artykułu) wynika, że w wyniku sferoidyzacji zawartość węgla zmniejszyła się:

- w przypadku metody dzwonowej średnio o 0,27% (wartość minimalna wynosiła 0,11%; maksymalna 0,56%);
- w przypadku metody przewodu elastycznego średnio o 0,12% (wartość minimalna wynosiła 0,04%; maksymalna 0,42%).

Krzem. Przyrost zawartości tego pierwiastka w żeliwie po obróbce (w stosunku do zawartości krzemu w żeliwie „wyjściowym”) wynikał z wnoszenia go do stopu zarówno przez zaprawę sferoidyzującą, jak i modyfikatory grafityzujące. Dokładniejszy bilans dotyczy ilości krzemu w żeliwie (także i w tym przypadku nie przytoczono w tekście artykułu bliższych danych) wykazał, że:

- w przypadku żeliwa obrabianego metodą dzwonową, jego zawartość w żeliwie po obróbce była mniejsza od wyznaczonej drogą obliczeń zawartości „teoretycznej” o około 0,07%;
- w przypadku żeliwa obrabianego metodą przewodu elastycznego, jego zawartość w żeliwie po obróbce była mniejsza od „teoretycznej” o około 0,03%.

Należy zauważyć, że zabieg sferoidyzacji przeprowadzono w tzw. kadzi smukłej o wyłożeniu kwaśnym; także żeliwo po zabiegu modyfikacji grafityzującej transportowano w kadzi o podobnym wyłożeniu. Można więc było oczekiwać ewentualnego niewielkiego zwiększenia zawartości krzemu w żeliwie. Z przeprowadzonych badań wynika jednak, że przeważał, stosunkowo niewielki, zgar tego pierwiastka.

Mangan. W przypadku żeliwa obrabianego obiema omawianymi metodami daje się zauważyć tendencja do niewielkiego wzrostu zawartości manganu w stopie (w zakresie od poniżej 0,01% do blisko 0,02%). Być może związane to jest z „przechodzeniem” tego pierwiastka z wyłożenia kadzi do żeliwa. Zazwyczaj bowiem kadzie używane w badaniach służyły wcześniej także do obróbki i transportu żeliwa o wyższej zawartości manganu (nawet do 0,5%).

Fosfor. Zawartości tego pierwiastka, zgodnie z oczekiwaniami, pozostają praktycznie na tym samym poziomie (0,03% - 0,04%) i to bez względu na sposób wprowadzania magnezu do żeliwa.

Siarka. Wyraźne zmniejszenie zawartości siarki w żeliwie, w wyniku przeprowadzonej obróbki, związane jest z odsiarczającym oddziaływaniem magnezu. Końcowa zawartość siarki w żeliwie po sferoidyzacji i modyfikacji grafityzującej były na poziomie około 0,01%.

PODSUMOWANIE

Obie metody wprowadzania magnezu do żeliwa nie wpływają praktycznie na zmiany zawartości występujących w żeliwie krzemu, manganu i fosforu. W przypadku krzemu uwaga ta dotyczy także odpowiednich ilości tego pierwiastka wnoszonych do stopu przez zaprawę sferoidyzującą i modyfikatory grafityzujące. Metoda dzwonowa, w porównaniu z metodą PE, prowadzi jednak do ponad dwukrotnie większego ubytku węgla w żeliwie; jego zawartość zmniejszyła się (w porównaniu do zawartości węgla w żeliwie „wyjściowym”) średnio o blisko 0,3%, podczas gdy w przypadku metody przewodu elastycznego spadek ten był rzędu 0,10% - 0,15%. Oceniając obie technologie sferoidyzacji żeliwa, pod kątem zapewnienia stabilnego składu chemicznego obrobionego stopu, korzystniejszą okazuje się metoda przewodu elastycznego.

REFERENCES

- [1] Thielemann, Th.: Zur Wirkung von Spurelementen im Gußeisen mit Kugelgraphit. *Giessereitechnik*, vol. 16, 1970, s. 16.
- [2] Podrzucki, C., Wojtysiak A.: *Żeliwo plastyczne niestopowe*, cz. I. Wyd. AGH, Kraków 1987.
- [3] Warchał T.: *Metalurgia i odlewnictwo żeliwa*, cz. II. *Technologia żeliwa*. Wyd. Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 1995.
- [4] Guzik E.: *Procesy uszlachetniania żeliwa. Wybrane zagadnienia. Archiwum Odlewnictwa*, Monografia Nr 1 M, Wyd. PAN, Oddz. Katowice, Komisja Odlewnictwa, Katowice 2001.